

Japanese Patent Laid-open No. HEI 4-105819 A

Publication date : April 7, 1992

Applicant : Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha

Title : Electric Discharge Machining Apparatus

5

Figs. 4 and 5 depict a configuration, operation, and current waveforms of the conventional art shown in Japanese Utility Model Publication No. S57-33950. In Fig. 4, a reference numeral 1 represents an electrode, a reference numeral 2 represents a workpiece, a reference numeral 3 represents 10 a controller, a reference numeral 4 represents a pulse generator, reference signs  $B_1$  and  $B_2$  represent a direct-current power supply, reference signs  $S_1$  and  $S_2$  represent a switching element, a reference sign  $L_1$  represents a coil, reference signs  $D_1$  and  $D_2$  represent a first diode and a second diode, respectively, and a reference sign  $R_1$  represents a current detecting unit. In 15 Fig. 5, the signs  $S_1$  and  $S_2$  represent on/off operations of the switching elements  $S_1$  and  $S_2$  respectively, the sign  $I_{L1}$  represents current passing through the coil  $L_1$ , the sign  $I_H$  represents an upper limit value of the current, and the sign  $I_L$  represents a lower limit value of the current.

The conventional apparatus has the above-described configuration, 20 and the operation of the conventional apparatus will be described below.

(1) The first diode  $D_1$ , the second diode  $D_2$ , and the direct-current power supplies  $S_1$  and  $S_2$  are arranged so as to provide a current path through a main circuit that includes at least the direct-current power supplies  $B_1$  and  $B_2$ , the switching element  $S_1$ , the coil  $L_1$ , a machining gap, and the switching element 25  $S_2$ , when the switching element  $S_1$  is turned on and the switching element  $S_2$  is

turned on.

- (2) The first diode D<sub>1</sub>, the second diode D<sub>2</sub>, and the direct-current power supplies S<sub>1</sub> and S<sub>2</sub> are arranged so as to provide the current path through a first auxiliary circuit that includes at least the direct-current power supply B<sub>2</sub>,
- 5 the switching element S<sub>1</sub>, the coil L<sub>1</sub>, and the diode D<sub>2</sub>, when the switching element S<sub>1</sub> is turned on and the switching element S<sub>2</sub> is turned off.
- (3) The first diode D<sub>1</sub>, the second diode D<sub>2</sub>, and the direct-current power supplies S<sub>1</sub> and S<sub>2</sub> are arranged so as to provide the current path through a second auxiliary circuit that includes at least the diode D<sub>1</sub>, the coil L<sub>1</sub>, the
- 10 machining gap, and the switching element S<sub>2</sub>, when the switching element S<sub>1</sub> is turned off and the switching element S<sub>2</sub> is turned on.
- (4) The first diode D<sub>1</sub>, the second diode D<sub>2</sub>, and the direct-current power supplies S<sub>1</sub> and S<sub>2</sub> are arranged so as to provide the current path through a third auxiliary circuit that includes at least the diode D<sub>1</sub>, the coil L<sub>1</sub>, the diode D<sub>2</sub>,
- 15 and the direct-current power supply B<sub>1</sub>, when the switching element S<sub>1</sub> is turned off and the switching element S<sub>2</sub> is turned off.

Furthermore, the controller (3) that controls the switching element S<sub>1</sub> so as to maintain the current passing through the coil L<sub>1</sub> at a constant value is provided.

- 20 When the switching element S<sub>2</sub> is turned from the on state to the off state, the current passing through the machining gap flows instantly out of the main circuit and back to the first auxiliary circuit or the third auxiliary circuit, so that the current waveform having a steep falling edge can be obtained. When the switching element S<sub>2</sub> is turned from the off state to the on state, the current
- 25 passing through the first auxiliary circuit or the third auxiliary circuit flows

instantly into the machining gap, so that the current waveform having a steep rising edge can be obtained.

Figs. 4, 5 and Figs. 6 to 9 are diagrams of different conventional examples.

5

Fig. 4

First auxiliary circuit

Second auxiliary circuit

Third auxiliary circuit

10 Main circuit

4 Pulse generator

## ⑫ 公開特許公報 (A) 平4-105819

⑬ Int. Cl. 5

B 23 H 1/02  
H 03 K 3/53

識別記号

府内整理番号

B 7908-3C  
S 8221-5J

⑭ 公開 平成4年(1992)4月7日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全8頁)

⑮ 発明の名称 放電加工装置

⑯ 特 願 平2-223470

⑰ 出 願 平2(1990)8月24日

⑱ 発明者 赤松 浩二 愛知県名古屋市東区矢田南5丁目1番14号 三菱電機株式会社名古屋製作所内

⑲ 出願人 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号

⑳ 代理人 弁理士 大岩 増雄 外2名

## 明細書

## 1. 発明の名称

放電加工装置

## 2. 特許請求の範囲

電極と被加工物との加工間隙に放電を発生させて上記被加工物を加工する放電加工装置において、電源と、上記電源から上記加工間隙への加工電流を給断制御するスイッチング手段と、上記スイッチング手段と上記加工間隙間に接続されると共にインダクタンス素子と上記加工電流を検出する加工電流検出手段の直列接続体を含む構成体と、上記加工電流の電流波形形状信号を出力する電流形状信号発生手段と、上記加工電流検出手段から出力される信号と一定周期の基準波形出力手段から出力される信号を比較し、その結果により上記スイッチング手段を制御する制御手段を具備する放電加工装置。

## 3. 発明の詳細な説明

## 〔産業上の利用分野〕

本発明は、放電加工装置に係り、特に加工電流

を波形制御する装置に関するものである。

## 〔従来の技術〕

この種の従来装置として、例えば実公昭57-33950号公報、特公昭62-27928号公報に開示されたものがある。

実公昭57-33950号公報に開示されたものは、エネルギー貯蔵装置としてインダクタンス素子を用い、スイッチング素子をON/OFF制御することにより、インダクタンス素子に流れる電流を所定値に制御する技術に関するものである。

また、特公昭62-27928号公報に開示されたものは、任意の形状の加工電流波形を出力するものである。

第4図、第5図は、上記実公昭57-33950号公報に示された従来技術の構成とその動作並びに電流波形を示すものである。第4図において、(1)は電極、(2)は被加工物、(3)は制御装置、(4)はパルス発生装置、B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>は直流電源、S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>はスイッチング素子、L<sub>1</sub>はコイル、D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>は第1及び第2のダイオード、R<sub>1</sub>は

電流検出手段をそれぞれ示す。第5図においてS<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>は、それぞれスイッチング素子S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>のON/OFF動作を示し、またI<sub>L</sub>はコイルL<sub>1</sub>を流れる電流、I<sub>u</sub>はその電流の上限値、I<sub>l</sub>はその下限値をそれぞれ示す。

従来装置は上記のように構成されており、次にその動作を説明する。

第1のダイオードD<sub>1</sub>、第2のダイオードD<sub>2</sub>および直流電源B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>は、

①スイッチング素子S<sub>1</sub>がON、かつスイッチング素子S<sub>2</sub>がONしているとき、少なくとも直流電源B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、スイッチング素子S<sub>1</sub>、コイルL<sub>1</sub>、加工間隙、スイッチング素子S<sub>2</sub>からなる主回路中に、

②スイッチング素子S<sub>1</sub>がON、かつスイッチング素子S<sub>2</sub>がOFFしているとき、少なくとも直流電源B<sub>2</sub>、スイッチング素子S<sub>1</sub>、コイルL<sub>1</sub>およびダイオードD<sub>2</sub>からなる第1の補助回路中に、

③スイッチング素子S<sub>1</sub>がOFF、かつスイッチング素子S<sub>2</sub>がONしているとき、少なくともダイオ

(3)

928号公報に開示された従来技術の構成、動作及び電流波形を示すもので、図中同一符号は、同一又は相当するものを示す。

この第6図において、(100)は包絡線発生装置で、上限包絡線(16)と、下限包絡線(17)を出力する。(200)は比較装置、(300)はドライブ回路、(21)は電流検出信号、(112)、(113)は、それぞれ包絡線発生装置(100)の上限包絡線出力、下限包絡線出力、(31)はスイッチング素子S<sub>1</sub>の駆動信号を示している。

第7図(a)～(c)は、電流波形の包絡線を説明するもので、(16)は上限包絡線、(17)は下限包絡線をそれぞれ示す。

又、第8図は、比較装置(200)の詳細を説明するもので、(23)、(24)は比較器、(25)はフリップフロップである。比較器(23)、(24)は、信号線(112)、(113)を介して上限包絡線信号(16)、下限包絡線信号(17)を受信し、電流検出手段R<sub>1</sub>からコイルL<sub>1</sub>に流れる電流の電流検出信号(21)も、この2つの比較器(23)(24)に供給され、それぞれ

(5)

ードD<sub>1</sub>、コイルL<sub>1</sub>、加工間隙およびスイッチング素子S<sub>1</sub>からなる第2の補助回路中に、

④スイッチング素子S<sub>1</sub>がOFF、スイッチング素子S<sub>2</sub>がOFFしているとき、少なくともダイオードD<sub>1</sub>、コイルL<sub>1</sub>、ダイオードD<sub>2</sub>および直流電源B<sub>2</sub>からなる第3の補助回路中に；それぞれ電流路を与えるように配列されており、またコイルL<sub>1</sub>に流れる電流を所定値に維持するようにスイッチング素子S<sub>2</sub>を制御する制御装置(3)が設けられている。

スイッチング素子S<sub>1</sub>がONからOFF状態になると、加工間隙に流れていた電流は、瞬時に第1の補助回路または第3の補助回路を還流するため、立ち下がりの急峻な電流波形を得ることができ、またスイッチング素子S<sub>2</sub>が、OFFからON状態になると、第1の補助回路または第3の補助回路を還流していた電流が、瞬時に加工間隙に流れ込むので、立ち上がりの急峻な電流波形を得ることができる。

又、第6図～第9図は、前記特公昭62-27

(4)

の包絡線信号と比較される。電流検出信号(21)が下限包絡線信号(17)のレベルまで降下すると比較器(24)は、その出力線路(241)を介して次段のフリップフロップ(25)に信号を供給し、フリップフロップ(25)をセット状態にし、次にリセットされるまでこのセット状態を保持する。この結果、出力線(22)には信号が現れ、この信号はドライブ回路(300)により増幅されて、スイッチング素子S<sub>1</sub>を導通状態にし、直流電源B<sub>1</sub>を放電加工回路に接続する。加工電流の大きさに従って、電流検出信号(21)の大きさは増大し、そのレベルは下限包絡線(17)のレベル以下に落ちることはない。

次に、電流検出信号(21)が上限包絡線信号(16)のレベルまで上昇すると、比較器(23)はその出力線路(231)を介してフリップフロップ(25)をリセットし、次にセットされるまでリセット状態を保持する。その結果スイッチング素子S<sub>1</sub>は、OFFの状態となり直流電源B<sub>1</sub>を放電加工回路から分離する。その時流れていた電流は、直流電源B<sub>1</sub>を経由せず、ダイオードD<sub>1</sub>を経由して電流検出

(6)

手段 R<sub>1</sub>、コイル L<sub>1</sub>、加工間隙と循環し、加工電流の大きさに従った電流検出信号(21)が上限包絡線信号(16)を越えることはない。

以上のように、比較装置(200)は加工ギャップの加工電流と上限包絡線(16)、下限包絡線(17)を比較し、その出力信号によりスイッチング素子 S<sub>1</sub>をON/OFF制御し、加工電流を包絡線(16)(17)の間に納めるよう制御する。

放電加工回路におけるスイッチング素子 S<sub>1</sub>のON/OFFは、1つの加工パルスの周期中多回実施される。

第9図は、加工電流波形と、スイッチング素子 S<sub>1</sub>のON/OFFスイッチング動作を示す。

上記2つの従来技術の特徴は、以下の通りである。

- ①電流制限抵抗を用いないので、抵抗部のジュール熱による発熱がない。
- ②パルス発生器のための供給電圧、および加工ギャップにおける動作電圧に左右されない加工電流値を得ることができ、エネルギーの定常性が維持

(7)

される。また加工ギャップに短絡が存在する場合でも、加工電流値は上昇することはないため、電力スイッチにおける電力消費は短絡時にも大きくならない。

③実公昭57-33950号公報に開示の従来例では、急峻な電流の立ち上がり、立ち下がり特性を得ることができる。

④特公昭62-27928号公報に開示の従来例では、任意形状の加工電流波形を得ることができる。

但し、実公昭57-33950公報に開示の従来例のように、コイル L<sub>1</sub>と加工間隙を分離するスイッチング素子 S<sub>2</sub>と、スイッチング素子 S<sub>3</sub>をOFFにした時に横間に流れていた電流を退流させるダイオード D<sub>1</sub>を持たないので、急峻な電流の立ち上がり、立ち下がり特性を得ることは出来ない。

#### 〔発明が解決しようとする課題〕

上記説明の従来例に開示された技術には以下の課題がある。即ち、

(8)

- ①上限包絡線、下限包絡線の2つの基準信号が必要である。
- ②加工電流は、上限包絡線と、下限包絡線の間に収まるように制御されるため、必然的に2つの包絡線の幅に相当する電流リップルを生ずる。
- ③急峻な電流の立ち上がり、立ち下がり特性をもち、かつ任意の形状の電流波形を得ることが出来ない。

本発明は上記従来技術の課題を解決することを目的としたものであり、

- ①1つの電流基準信号により電流波形制御をおこない、上限包絡線、下限包絡線の2つの基準信号を必要としない。

- ②電流リップルを低減する。

- ③急峻な電流の立ち上がり、立ち下がり特性をもち、かつ任意の形状の電流波形を得る。

放電加工装置を提供するものである。

#### 〔課題を解決するための手段〕

本発明に係る放電加工装置は、電源から加工間隙への加工電流を遮断制御するスイッチング手段

と、上記スイッチング手段と上記加工間隙間に接続されると共に、インダクタンス素子と上記加工電流を検出する加工電流検出手段の直列接続体を含む構成体と、上記加工電流の電流波形形状信号を出力する電流形状信号発生手段と、上記加工電流検出手段から出力される信号と一定周期の基準波形出力手段から出力される信号を比較し、その結果により上記スイッチング手段を制御する制御手段を備えたものである。

#### 〔作用〕

加工電流検出手段から出力される信号と、電流波形の形状信号を比較する比較手段から出力される信号と、一定周期の基準波形出力手段から出力される信号を比較した結果によりスイッチング手段を制御する。

#### 〔発明の実施例〕

第1図は、本発明の一実施例を示す図で、図中、(101)は、電流形状信号(114)を出力する電流形状信号発生装置、(201)は、一定周期PWM(パルス幅変調)制御装置である。

(9)

(10)

第2図は、第1図の一定周期PWM(パルス幅変調)制御装置(201)の詳細を説明するもので、(202)は、電流形状信号(114)と電流検出手段R<sub>1</sub>の出力信号(21)の差信号(203)を検出する減算手段、(204)は増幅器、(205)は積分要素、(206)は増幅器(205)の出力信号、(207)は一定周期の基準三角波形出力手段、(208)は一定周期基準三角波形、(209)は比較器である。

本発明の一実施例装置は上記のように構成されており、次にその動作を説明する。

電流形状信号発生装置(101)は、電流形状信号(114)を出力する。一定周期PWM制御装置(201)において、減算手段(202)は、電流形状信号(114)と電流検出手段R<sub>1</sub>の出力信号(21)の差信号(203)を出力し、増幅器(204)はその差信号(203)を増幅し、信号(206)を出力する。比較器(209)は、増幅器(204)の出力信号(206)と一定周期基準三角波形信号(208)とを比較し、出力信号(206)が一定周期基準三角波形信号より「大」の間、スイッチング素子S<sub>1</sub>をONにする信号を出力し、出力

(11)

信号(206)が一定周期基準三角波形信号より「小」の間、スイッチング素子S<sub>2</sub>をOFFにする信号を出力し、即ち、スイッチング素子S<sub>2</sub>をパルス幅変調によりON/OFF制御し、電流を電流形状信号に追従制御する。この電流のフィードバックループにおいて、増幅器(204)は積分要素(205)を含んでおり、そのため低減ゲインが十分高いので、電流形状信号(114)と電流検出手段R<sub>1</sub>の出力信号(21)の差信号(203)は十分小さくなるように制御される。

第3図は、一定周期PWM制御装置(201)の動作と、電流波形、タイミングを示す図である。

I<sub>ext</sub>は加工間隙に流れる電流波形、I<sub>coil</sub>はコイルL<sub>1</sub>に流れる電流波形、I<sub>sw</sub>はスイッチング素子S<sub>2</sub>がOFFの時にダイオードD<sub>1</sub>を逆流する電流波形である。ここで、スイッチング素子S<sub>2</sub>は、加工パルスの期間を制御するパルス発生器(4)により制御されている。コイルL<sub>1</sub>に流れる電流I<sub>coil</sub>は、上記説明により、電流形状信号(114)に追従制御する。スイッチング素子S<sub>2</sub>がONからOFF状

(12)

態になると、加工間隙に流れていた電流は、瞬時にダイオードD<sub>1</sub>を含む前述第1の補助回路または、第3の補助回路に逆流するため、急峻な電流の立ち下がり特性を示す。また、スイッチング素子S<sub>2</sub>が、OFFからON状態になると、第1の補助回路または第3の補助回路に逆流していた電流が、瞬時に加工間隙に流れるため急峻な電流の立ち上がり特性を示す。

#### [発明の効果]

以上のように本発明によれば、エネルギー貯蔵装置としてインダクタンス素子を用い、一定周期のパルス幅変調でスイッチング素子をON/OFF制御することにより、インダクタンス素子に流れる電流を、電流形状信号に追従するように制御を行うので、以下効果が得られる。

- ①電流制限抵抗を用いないので、抵抗部のジュール熱による発熱がない。
- ②パルス発生器のための供給電圧、および加工ギャップにおける動作電圧に左右されない加工電流値を得ることができ、エネルギーの定常性が維持

(13)

される。また、加工ギャップに短絡が存在する場合でも、加工電流値は上昇することはないため、電力スイッチにおける電力消費は短絡時にも大きくならない。

③1つの電流基準信号により電流波形制御をおこない、上限包絡線、下限包絡線の2つの基準信号を必要としない。

④電流リップルを低減する。

⑤急峻な電流の立ち上がり、立ち下がり特性をもち、かつ任意の形状の電流波形を得る。

放電加工において、急峻な電流立ち下がり特性は、休止時間を短く設定出来る効果により、加工時間を短縮することができ、急峻な前縁と正の勾配を持つ電流波形が、銅電極の低消耗特性を改善することは、すでに認められている。

本発明は、上記①～⑤の効果により、放電加工特性を改善するとともに、安価で、発熱の極めて少ない放電加工装置を提供することができる。

#### 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例を示す図、第2図は

(14)

第1図中に示す一定周期パルス幅変調制御装置の詳細を示す図、第3図は第2図に示す一定周期パルス幅変調制御装置の動作と電流波形並びにタイミングを示す図、第4図～第5図及び第6図～第9図は夫々異なる従来例を示す図である。

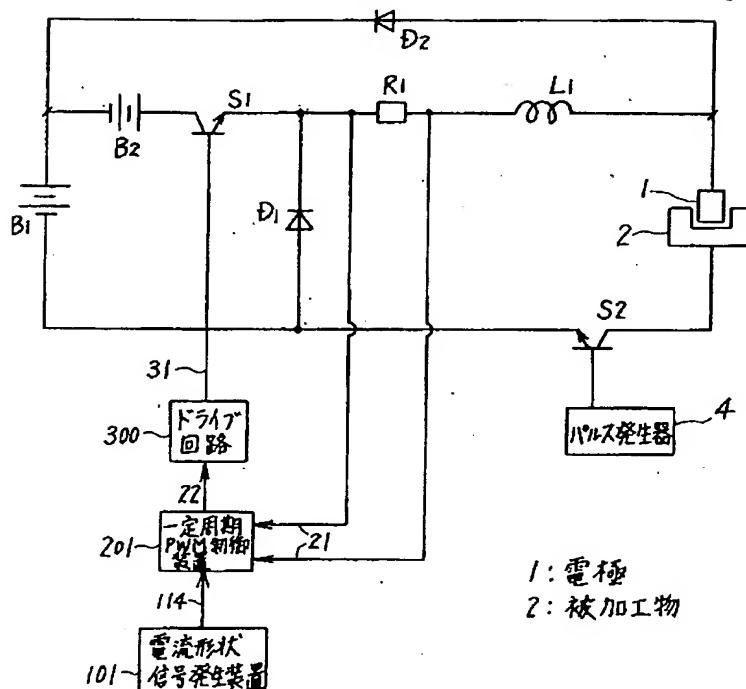
図中、(1)は電極、(2)は被加工物、(4)はパルス発生装置、(101)は電流形状信号発生装置、(201)は一定周期パルス幅変調制御装置、(300)は増幅器、B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>は直流電源、S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>はスイッチング素子、L<sub>1</sub>はコイル、D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>はダイオード、R<sub>1</sub>は電流検出手段である。

なお、図中、同一符号は同一、又は相当部分を示す。

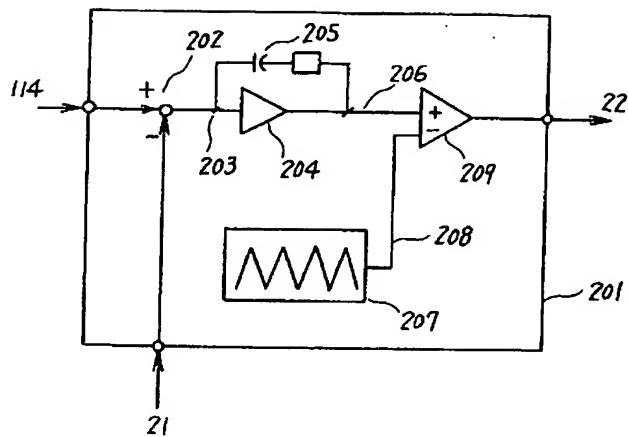
代理人 大岩 増雄

(15)

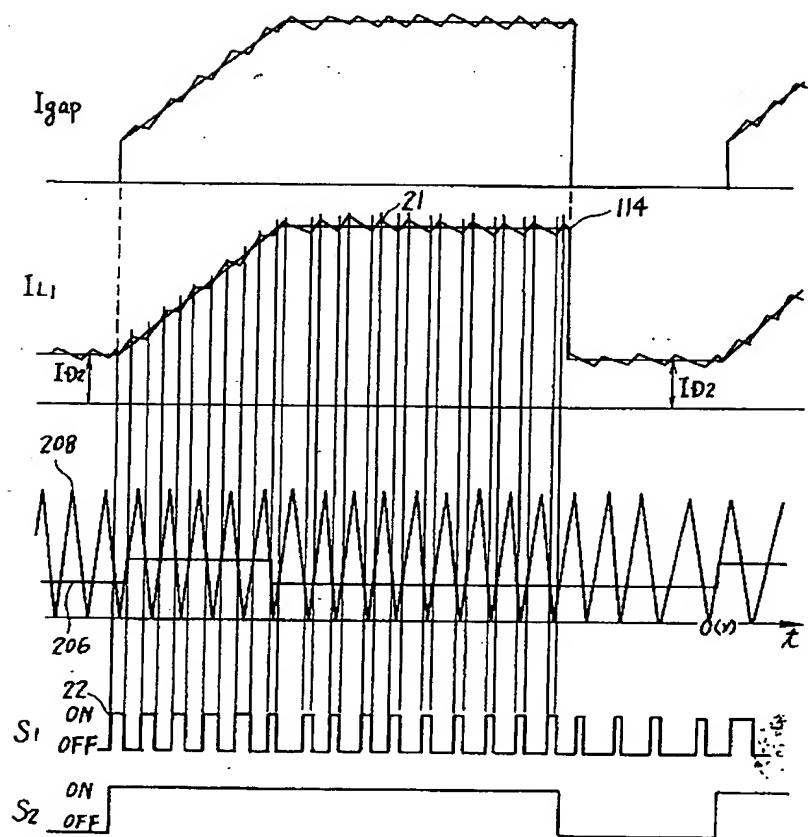
### 第1図



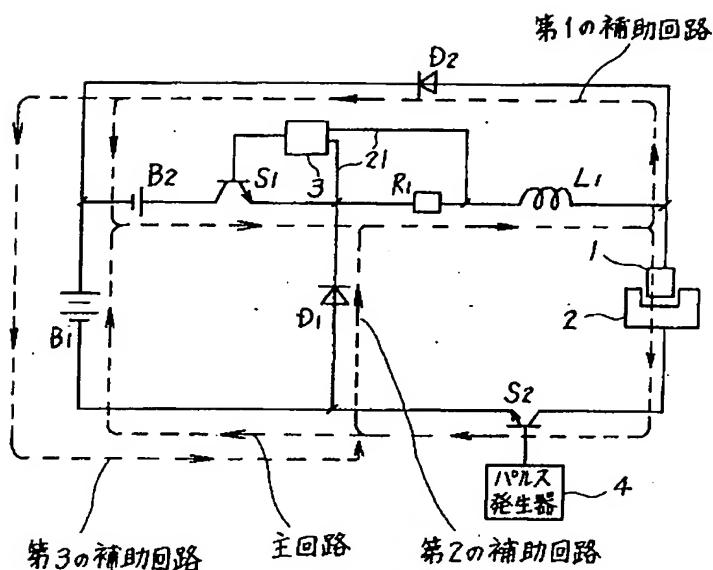
第 2 図



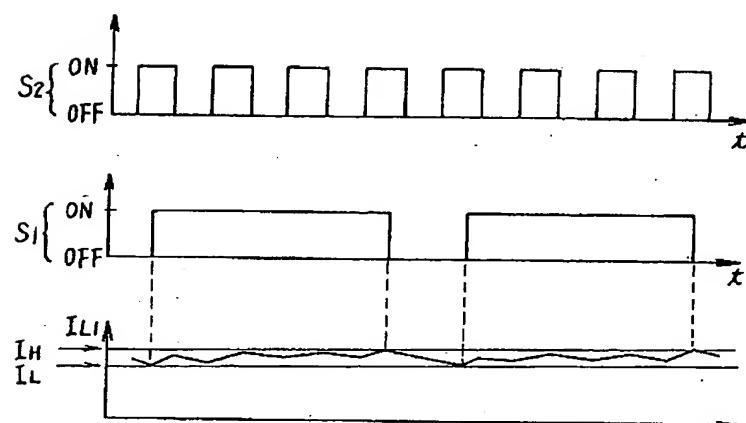
第 3 図

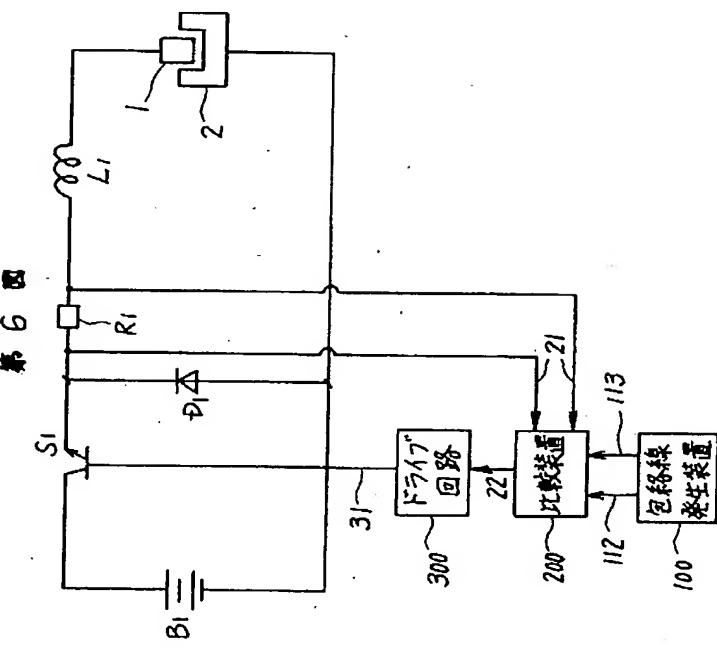
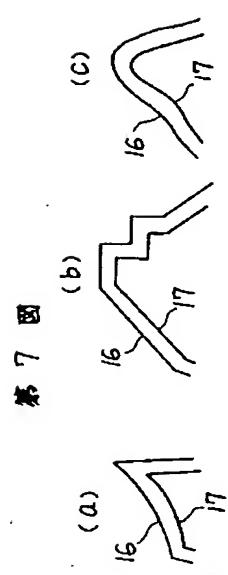


第4図

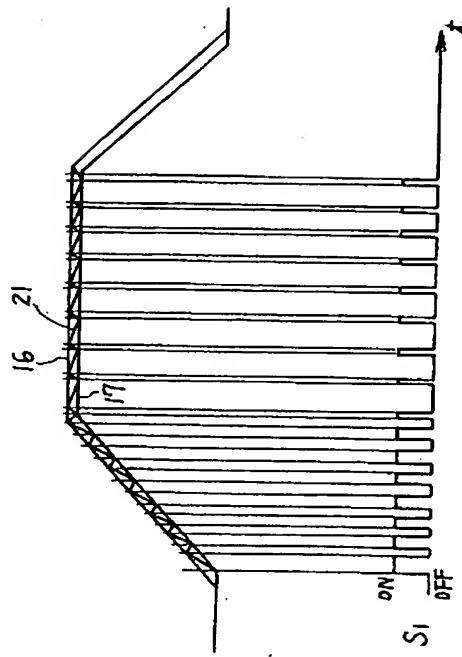


第5図





第 9 図



第 8 図

